Über den Stensonschen Versuch beim Frosch.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin einer hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Wilhelm Scheffer,
approbierter Arzt aus Pfungstadt.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1895.

Über den Stensonschen Versuch beim Frosch.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin einer hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Wilhelm Scheffer,
approbierter Arzt aus Pfungstadt.

ACAD. MEDICAL MUNICH

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1895.

Referent: Herr Professor Dr. C. Voit.

Einleitung.

Nach Alb. v. Haller[1]) soll J. Swammerdam vor Nikolaus Stenson[2]) den sog. Stensonschen Versuch beschrieben haben; er wurde zuerst am Warmblüter angestellt und bestand in der Unterbindung der Bauchaorta. Man fand, dafs die hinteren Extremitäten nach diesem Eingriff rasch gelähmt wurden und sich von dieser Lähmung nicht wieder erholten. Die Muskeln wurden schliefslich starr, und die Starre ging in Fäulnis über. Die aufser Zirkulation gesetzten Warmblütermuskeln boten also das Bild absterbender.

Haller erwähnt weiter, dafs auch Unterbindung der Venen zwar nicht allemal, aber doch oft das gleiche Resultat gäbe.

Stenson und Haller nehmen daher als Ursache der Lähmung das Absterben der Muskeln an.

Longet[3]) erhielt den gleichen Erfolg bei Hunden und findet, dafs nach Unterbindung der Aorta die willkürlichen Bewegungen etwa $^1/_4$ Stunde, die direkte Reizbarkeit des Muskels etwa 2 Stunden nach der Unterbindung verschwinden.

---

1) Elementa Physiologiae. Lausannae 1762. Tom IV, Liber 11, Sect. 3, § 19, p. 544.

2) Stenson, Elementorum myologiae specimen. Flor. 1667.

3) Comptes rendus XIII, 1841.

Brown-Séquard[1]) bestätigte diese Angaben und zeigte des weiteren, dafs Muskeln, die bereits die direkte und indirekte Erregbarkeit verloren haben, nach ihm sogar schon totenstarr waren, durch den Blutstrom wieder zu physiologischer Tätigkeit neu belebt werden können.

Fast zu gleicher Zeit machte Stannius[2]) ähnliche Versuche, verbesserte die Methoden des Versuches am Kaninchen, lehrte die Kollateralen von seiten der Art. epigastrica vermeiden und fand im wesentlichen nach Anlegung einer Ligatur um die Aorta dicht unter dem Abgang der Nierenarterien dasselbe wie Brown-Séquard. Beide Forscher konstatierten, dafs zuerst die willkürliche, dann die indirekte, dann die direkte Erregbarkeit der Muskeln verschwinden und in umgekehrter Folge wiederkehren, wenn von neuem das Blut durch die Muskeln strömt. Nach Stannius vermag das Tier wenige Minuten nach der Unterbindung die Hinterbeine nicht mehr mit Willen zu bewegen, die indirekte Erregbarkeit der Muskeln erlischt aber erst nach 1 Stunde, die direkte erst nach 4—5 Stunden.

Schiff[3]) sah beim Kaninchen die willkürliche Bewegung unmittelbar nach der Ligatur der Aorta erlöschen, beim Hunde kann es bis zu 10 Minuten anwähren, wenn er sich sehr ruhig verhält, aber eine stärkere Muskelbewegung bringt die Erschlaffung augenblicklich hervor. Zugleich erlischt auch die Empfindung in den Hinterbeinen.

Da nach diesen Erfahrungen der Nerv und der Muskel trotz Aufhören der willkürlichen Bewegungen noch einige Zeit erregbar sind, so dachte man sich, dafs die Störung der Zirkulation des Blutes zunächst die vom Willen ausgegangene Erregung des Nerven aufhebt, oder mit anderen Worten, dafs die Erregung durch den Willen zu schwach wirkt, um den weniger erregbar gewordenen Nerven in Erregung zu versetzen.

Dagegen zeigte Julius Schiffer[4]) in einer im Laboratorium von Du Bois-Reymond entstandenen und unter Leitung von

1) Comptes rendus 1851, XXXII, p. 855 u. 897.
2) Archiv f. physiol. Heilkunde 1852, XI, S. 1.
3) Lehrbuch der Physiologie des Menschen 1858, S. 102.
4) Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1869, Nr. 37, S. 579 u. Nr. 38, S. 595.

Rosenthal ausgeführten bemerkenswerten Arbeit, dafs der Versuch bei Beobachtung gewisser Kautelen ein vom früheren verschiedenes Resultat liefert. Bei der Unterbindung der Bauchaorta des Kaninchens tritt in der Tat fast momentan eine Lähmung der hinteren Gliedmafsen für willkürliche Bewegung ein, während die Nervenstämme und die Muskeln noch erregbar sind; es kann demnach die anfängliche plötzliche Lähmung nur auf einer Veränderung der Nervenzentralorgane im Lendenmark beruhen. Wenn Schiffer nach Unterbindung der Bauchaorta den blofsgelegten Nerv. ischiadicus reizte, dann blieben die Schmerzensäufserungen des Tieres aus zugleich mit der Beweglichkeit der Hinterbeine durch den Willen, eben wegen der Lähmung im Lendenmark, während ohne Unterbindung der Aorta nach Durchschneidung des Nerv. ischiadicus und Abschneidung der Blutzufuhr zum Nerven durch möglichste Isolierung desselben die Reizung des zentralen Rumpfs noch längere Zeit Schmerzensäufserungen hervorruft. Unterband er die Aorta aber dicht über der Teilungsstelle der beiden Iliacae, so dafs das Rückenmark noch mit Blut versorgt wird, dann blieb der momentane Erfolg des Stensonschen Versuches aus, und das Tier bewegte noch bis zu 1 Stunde seine Hinterbeine willkürlich; hören die willkürlichen Bewegungen auf, dann sind auch die Nervenstämme elektrisch nicht mehr reizbar. Schiffer erklärt daher den Stensonschen Versuch dadurch, dafs die Nervenzentralorgane durch die Anämie fast momentan gelähmt werden, während die Nervenstämme nicht so abhängig von der Blutzufuhr sind, weil sie in sich noch eine gewisse Menge Ernährungsmaterial enthalten, auf Kosten dessen sie noch eine Zeitlang (bis zu 1 Stunde) leben können. Daher kommt es auch, dafs nach Unterbindung der Art. iliaca beim Kaninchen das betreffende Bein nicht gleich gelähmt ist, sondern noch mit Willen bewegt wird, bis nach einigen Stunden der Nerv nicht mehr leitungsfähig ist.

Ganz anders wie beim Warmblüter verläuft nun der Stensonsche Versuch beim Frosch. Die Differenzen scheinen nicht in dem Grade das Interesse der Physiologen erregt zu haben, als sie es verdienen. Es ist zuerst von Stilling gezeigt worden,

dafs Frösche nach Unterdrückung der Gesamtzirkulation durch Unterbindung des Herzens noch mehrere Stunden umherhüpfen können. Nach Schiff[1]), der diese Erscheinungen am Frosch bis jetzt am genauesten beobachtet hat, ist die Angabe von Stilling vollkommen richtig, wenn die Tiere sich selbst überlassen sind und nur einzelne Sprünge machen. »Jagt man sie hingegen,« so berichtet Schiff, »rasch im Zimmer umher, so werden die Sprünge sehr schnell schwach und kraftlos, sie fallen mit ausgestreckten Hinterbeinen auf den Boden, die sie dann langsam anziehen, und bald können sie gar nicht mehr hüpfen; wenn man ihnen in diesem Zustande Zeit und Ruhe zur Erholung gönnt, so werden sie zwar wieder kräftiger, aber wenn man sie mit Fröschen vergleicht, denen das Herz ebenso lang unterbunden ist, die aber nicht ermüdet werden, so zeigen sich die ersteren stets matter und viel kraftloser. Die Bewegung hat also auch hier den noch vorhandenen Kraftvorrat rasch aufgezehrt; aber da das Herz nur unterbunden war und das Blut in den Körperteilen, wenn auch ohne stete Erneuerung, doch selbst im stockenden Zustande der Ernährung noch mangelhaft dienen konnte, so war noch eine unvollkommene Erholung möglich. Hat man aber das Herz ausgeschnitten und durch Streichen fast alles Blut aus dem Körper entfernt, so ist nach kräftigen Bewegungen die motorische Tätigkeit des Nervensystems dauernd gebrochen.«

Verschiedene, diese Angaben von Schiff betreffende Punkte, welche durch die bisherigen Experimente noch keine eindeutige Auslegung erfahren, hat der Verfasser auf Anregung des Herrn Professors Voit, der seit vielen Jahren die Schiffschen Versuche in seiner Vorlesung vorzeigt, durch erneute Versuche zu entscheiden versucht. Es ist I. noch nicht festgestellt, wie lange sich das Wechselspiel zwischen Ermüdung und Erholung beim Frosch fortsetzen läfst; ob also die Fähigkeit der blutzirkulationslosen Muskeln, sich zu erholen, nach einer Anzahl von Bewegungen verloren gehe, oder ob dieselbe in infinitum fortbestehe.

---

1) Lehrb. d. Physiol. d. Menschen 1858, S. 103.

Es besteht ferner II. keine Übereinstimmung in den Angaben über die Folgen der Unterbindung aller venösen Abflüsse bei den Kaltblütern.

Im Anschluſs daran werde ich III. die Frage behandeln, ob ein Unterschied bestehe im Verhalten der nur blutzirkulationslosen, sonst aber mit dem übrigen Körper in intakter Verbindung stehenden Muskeln gegenüber den vollständig vom übrigen Tier losgetrennten.

Weiterhin liegen IV. keine systematischen Versuche am Frosch darüber vor, ob der eingetretenen Lähmung für den Willen eine Veränderung der Erregbarkeit des Muskels für andere, besonders für indirekte elektrische Reize vom Nerven aus entspreche. Endlich bestehen V. Meinungsverschiedenheiten über das Zustandekommen der Erholung.

I. Ermüdung und Erholung nach Unterbindung der Gefäfse beim Frosch.

Meine ersten Versuche bestanden darin, daſs bei Fröschen die Aorta abdominalis dicht über der Teilungsstelle zu den beiden Iliacae communes unterbunden wurde. Man findet die Arterie am leichtesten, wenn man ungefähr über der Mitte des Steifsbeines einen zentimeterlangen Schnitt durch die Haut gerade auf dasselbe und in der Richtung desselben macht, die Muskeln dicht am Steifsbein ablöst und mit einem stumpfen Haken das Gefäfs aus der Wunde emporhebt. Je nachdem man etwas weiter nach oben oder unten geht, findet man die Bauchaorta oder eine der Iliacae communes.

Um eine gute Kontrolle zwischen blutzirkulationslosen und normalen Extremitäten zu haben, wurden bei anderen Fröschen nur die rechten oder linken Arteriae iliacae communes unterbunden, dicht unterhalb der Gabelungsstelle.

Die Frösche zeigen unmittelbar nach der Unterbindung der Aorta nichts, was sie von normalen unterschiede; sie bewegen anfangs die von der Blutzufuhr abgeschnittenen Beine ebensogut wie normale Tiere ihre im Kreislauf befindlichen. Läfst man das Tier aber einige Zeit herumhüpfen und jagt man es umher,

so tritt allmählich eine Ermüdung der aufser Zirkulation befindlichen Extremitäten ein; schliefslich sind die Hinterbeine in gestreckter Lage und das Tier liegt bewegungslos da. In diesem Zustande der Erschlaffung scheinen die betreffenden Extremitäten auch gefühllos zu sein, wenigstens reagiert das Tier dann nicht auf Mifshandlung derselben. Das Eintreten der Lähmung wird beschleunigt, wenn man die Beine des schon müden Tieres streckt, bis dieselben nicht mehr willkürlich gebeugt werden.

Nachdem das Tier einige Augenblicke in diesem gelähmten Zustande verharrt hat, beugt es die gestreckten Hinterbeine wieder, die man aber dann durch einige Streckungen abermals in den gelähmten Zustand überführen kann. Je längere Zeit die Ruhe währt, desto länger dauert es, bis durch Bewegungen die Lähmung erfolgt. Nach der Erholung ist in kurzem kein nennenswerter Unterschied von einem normalen Tiere wahrzunehmen. Das Gefühl scheint zu gleicher Zeit mit der willkürlichen Bewegung zu verschwinden und zu kommen.

Es existieren also gewisse Unterschiede zwischen den Warmblütern und den Kaltblütern. — Beim Warmblüter tritt, nach Unterbindung der Bauchaorta dicht unter dem Abgang der Nierenarterien, in kurzer Zeit durch Lähmung des Rückenmarkes Bewegungslosigkeit der Hinterbeine ein, und zwar um so rascher, je mehr Bewegungen das Tier noch macht; aus dieser Lähmung findet keine Erholung statt. Bei Unterbindung dicht ober dem Abgang der Arteria iliacae wird das Rückenmark noch mit Blut versorgt und die Lähmung erfolgt erst später, nach 1—2 Stunden, mit dem Absterben der Nerven. Es wird nicht angegeben, ob in diesem Zustand durch stärkere Bewegungen vorübergehende Lähmung eintreten und daraus Erholung stattfinden kann. Beim Frosch tritt dagegen nach der Unterbindung bei Ruhe des Tieres keine Lähmung auf; Bewegungen bedingen jedoch eine Lähmung, aus welcher in Bälde wieder die Erholung folgt. Beim Frosch findet sich ferner kein Unterschied, ob man die Arteria iliacae unterbindet oder die Aorta dicht über der Teilungsstelle, oder ob man das Herz abbindet, das Tier bleibt beweglich und zeigt die Abwechslung zwischen Ermüdung und Erholung.

Diesen Wechsel zwischen Ermüdung und Erholung kann man mehrmals hervorrufen; ja es wurden die Tiere wochen- und monatelang täglich zwei- bis dreimal durch Umherjagen so weit ermüdet, dafs die blutzirkulationslosen Extremitäten schlaff wurden, und monatelang wurden die Tiere an den betreffenden Gliedmafsen jedesmal nach einiger Zeit wieder so weit erholt, dafs zwischen jenen und normalen Extremitäten kein Unterschied zu sehen war.

Es gelang nicht, die blutzirkulationslosen Extremitäten durch Umherjagen der Tiere dauernd zu schädigen, und es scheint, dafs dies Spiel in gehörigen Zwischenräumen in infinitum bis zum zufälligen Tod der Versuchstiere fortzusetzen möglich ist. Gewisse pathologische Veränderungen wurden jedoch an dem blutzirkulationslosen Beine in späterer Zeit beobachtet. An bestimmten Körperstellen, besonders an der Symphysengegend, erschien regelmäfsig ein Decubitus bei Tieren, denen beide Hinterextremitäten aufser Zirkulation gesetzt waren. Auch die Kniegegend zeigte manchmal diese Erscheinung. Sie trat in beiden Fällen erst eine bis einige Wochen nach der Unterbindung ein.

Ob auch trophische Störungen als Ursache mitwirkend waren, konnte nicht entschieden werden, jedenfalls machte der Ort des Decubitus ein mechanisches Zustandekommen desselben durch Reibung wahrscheinlich.

II. Unterbindung der Venen.

Bei Haller[1]) findet sich folgender, in der Einleitung erwähnter Passus: Addi potest, vel ideo a ligata arteria effectu nihil ad influxum arteriosum non recte concludi, quod etiam venis ligatis, non semper frequenter tamen similis paralysis sequatur. Also auch nach Unterbindung der Venen erfolgt beim Warmblüter, zwar nicht allemal, aber doch oft, eine Lähmung.[2])

1) a. a. O. S. 546.

2) Schiff (a. a. O. S. 103) schreibt: »Die Lähmung der Nerventätigkeit kann nach Unterbindung der Gefäfse um einen freilich nur kleinen Zeitteil verzögert werden, wenn man vor der Unterbrechung des arteriellen Blutlaufes den Rückfluſs des Blutes aus den Venen verhindert hat; Kaninchen können dann nach Umschnürung der Aorta noch einige Bewegungen zeigen.«

Es wurde von mir die Ligatur der Venen an Fröschen gemacht, und zwar auf folgende Weise: Längs des einen Darmbeines wird, genau über demselben ein 1 cm langer Hautschnitt gemacht, die Muskeln vom Darmbein stumpf abgelöst; in der Tiefe findet man die Vene, die zur Niere führt. Man hebt jene mit einem stumpfen Häkchen empor und unterbindet unterhalb der Niere. Dann legt man das Tier auf den Rücken, macht über die Symphyse hin einen 1 cm langen Hautschnitt in der Linea alba, in deren Mitte die Symphyse liegt, und löst die beiden M. M. rectos abdominis mit möglichster Erhaltung der Sehnen von der Symphyse los. Die sich verkürzenden Muskeln lassen die Vena mediana mit ihren Teilungen zu den beiden Schenkeln erscheinen, und es ist nun leicht, die betreffenden Venen der gewünschten Seite zu unterbinden. Dann schlingt man die Sehnen der recti an und näht sie an die Symphyse; letzteres, damit nicht Zerrung der Venen der normalen Seite deren venöse Abflüsse verschliefse.

Auch so behandelte Extremitäten sind durch einiges Umherjagen zu ermüden, auch sie erholen sich, ähnlich wie diejenigen, deren Arterie unterbunden war. Doch schien es, dafs venös unterbundene Extremitäten schwerer zu ermüden seien als arteriell unterbundene.

Zum Vergleich wurden einigen Fröschen auf der einen Seite die Arterie, auf der anderen die Venen unterbunden und die Tiere umhergejagt. Es erschlaffte jedesmal diejenige Extremität zuerst, deren Arterie unterbunden war.

Das äufsere Aussehen der venös unterbundenen Extremitäten war cyanotisch und etwas geschwollen, doch wurden nie eigentliche Ödeme beobachtet.

III. Erholung der Muskeln mit und ohne Zusammenhang mit dem übrigen Körper.

Um zu sehen, welche Rolle bei der Erholung blutzirkulationsloser Muskeln der sonst intakte Zusammenhang mit dem übrigen Körper spiele, wurden folgende Versuche im Anschlusse an die Experimente Kühnes[1]) gemacht. Mit Ausnahme des

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1859, S. 759.

Nerven und des Oberschenkelknochens wurde alles an dem einen Beine doppelt unterbunden und zwischen den Ligaturen durchgeschnitten, so dafs Knochen und Nerv auf etwa $^1/_2$ cm völlig blofs lagen und die einzige Verbindung der betreffenden Extremität mit dem übrigen Körper bildeten.

Die Zirkulation im Knochen kommt für die Muskeln des Unterschenkels nicht in Betracht; es war einerlei, ob man den Knochen intakt liefs oder ein Stück ausschnitt und durch eine Holz- oder Drahtverbindung ersetzte.

Setzte man so operierte Tiere in physiologische Kochsalzlösung, damit der Nerv nicht eintrocknete, so trat nach 2 bis 3 Tagen Starre an den unterhalb gelegenen Muskeln auf; dieselbe löste sich nach 1—$1^1/_2$ Tagen und ging in Fäulnis über. 24 Stunden nach der Operation war jede Fähigkeit der willkürlichen Bewegung verloren. Bei einem solchen Eingriff hat schon Kühne (a. a. O.) bald keine Willkürbewegungen des unterbundenen Beines mehr gesehen; die Muskeln waren nach 2 bis 3 Tagen vollkommen starr.

Nach einfacher Unterbindung der Arteria iliaca beim Frosch währt dagegen die Beweglichkeit des Beines lange Zeit an. Bei der vorher beschriebenen Versuchseinrichtung mit Abbindung des Beines ist ja wohl noch Ernährungsflüssigkeit im Bein vorhanden, aber es fehlt der Austausch der Lymphe des abgebundenen Beines mit der Lymphe des übrigen Körpers.

Ermüdete man die auf obige Weise aufser Verbindung mit dem übrigen Körper gesetzte Extremität durch Umherjagen des Tieres, so kehrte nach einiger Zeit die Fähigkeit willkürlicher Bewegung in geringem Grade wieder, doch liefs sich das Spiel nicht oft wiederholen.

IV. Veränderung der Muskeln nach der Unterbindung für indirekte Reize.

Die Nerven und Muskeln der Hinterbeine des Kaninchens sind, wie gesagt, in der ersten Zeit nach dem Eintreten der Lähmung der Hinterbeine infolge der Unterbindung der Aorta abdominalis noch erregbar.

Es war nun von grofsem Interesse, zu prüfen, ob der vorübergehenden Lähmung für den Willen eine Veränderung der indirekten Erregbarkeit der Muskeln des Frosches entspreche, besonders für elektrische Reize.

Hier möge die Beschreibung der Mefsvorrichtung zur Bestimmung der Reizschwellen Platz finden.

Die Endpole der sekundären Rolle eines Induktionsapparates wurden verbunden mit einer Pohlschen Wippe, die als Stromwender diente. Die beiden ableitenden Klemmen derselben wurden mit einer zweiten Pohlschen Wippe verbunden, deren Kreuz herausgenommen war und die als Stromverteiler zu zwei Elektrodenpaaren diente, so dafs der Strom nach Bedarf entweder nach den rechten oder nach den linken Elektroden, welche die N. N. ischiadici aufnahmen, geleitet werden konnte. Die Elektroden waren je zwei Platinhäkchen, die in gleichen Abständen voneinander, etwa 1 mm, in beide sicher isolierender Fassung angebracht und an Stativen befestigt waren. In diese Häkchenelektroden wurden die Nerven gelegt, so dafs sie etwas von der Unterlage erhoben auf die Strecke von etwa 1 cm nur mit den Elektroden in Berührung waren. Zur Reizung wurde der Öffnungsinduktionsschlag benutzt.

Erzeugt wurde derselbe durch Öffnung des Stromkreises der primären Spirale mit einem Quecksilberschlüssel. Die sorgfältig frei präparierten Nerven waren zentral- wie peripheriewärts in ihrer Kontinuität unversehrt erhalten. Hierbei findet nun allerdings, wie Rosenthal betont hat, nicht nur eine Reizung der intrapolaren Strecke statt; auch abgesehen von der Ausbreitung eines einfachen Elektrotonus ist ja durch die extrapolaren Nervenstrecken im Verein mit der Masse des Oberschenkels ein Nebenschlufs gegeben. Ferner sind bei dieser Anordnung unipolare Wirkungen nicht ausgeschlossen. Doch sind die erwähnten Umstände für unsere Versuche nicht störend, da die Verhältnisse auf beiden Seiten gleich waren.

Ich spreche hier und im folgenden kurz von Reizschwelle des Nerv. ischiadicus, während es richtiger heifsen müfste des Musculus gastrocnemius bei indirekter Reizung. Ich lasse es

daher zunächst auch völlig unentschieden, ob der Nerv, die Nervenendplatte oder der Muskel hier im wesentlichen in Frage kommen.

Auf die beschriebene Weise wurden zuerst die Reizschwellen der beiden N. N. ischiadici bestimmt, vor und direkt nach der Unterbindung der Arteria iliaca der einen Seite, bevor in letzterer eine vorübergehende Lähmung durch Bewegung stattgefunden hatte.

Es zeigte sich dabei kein eindeutiger Unterschied vor und nach der Unterbindung ohne Ermüdung an den beiden Beinen; manchmal war die eine, manchmal die andere Seite reizbarer, manchmal beide einander annähernd gleich, Erscheinungen, die sich bei Tieren mit intakter Zirkulation auch zeigen; ob die Ursache dieser Schwankungen in geringen Läsionen der Nerven bestand, oder was sonst ihr Grund war, läfst sich hier nicht entscheiden. Auch an dem einen unterbundenen Bein zeigte sich vor und nach der Unterbindung ohne vorausgegangene Ermüdung kein konstanter Unterschied in der Erregbarkeit.

Nun wurden die Tiere in den folgenden Versuchen so lange umhergejagt, bis die Extremität, deren Arterie unterbunden war, schlaff und für den Willen reaktionslos wurde. Hier zeigte sich dasselbe Resultat wie oben, keine konstant eindeutige Differenz der Schwellenwerte an dem unterbundenen Bein vor und während und nach der Ermüdung durch Umherjagen.

Es war also nicht möglich, durch die elektrische Messung eine geringere Erregbarkeit des unterbundenen, für den Willen gelähmten Beines darzutun und für die Erklärung der Ermüdung der Tiere durch das Umherjagen zu verwerten.

Ich versuchte nun die Ermüdung künstlich weiter zu treiben, als es durch Umherjagen möglich war, durch starke und stärkste Tetanisation des ganzen Tieres nach einer Methode, die bereits J. Ranke angewandt hat.[1])

Der Frosch wurde auf einem Brett fixiert, in das in querer Richtung eine tiefe Rinne eingekerbt war; dieselbe hatte eine Auskleidung von zwei Glasplatten zur besseren Isolation. Über diese Rinne wurde das Versuchstier so befestigt, dafs ein durch

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1863, S. 422.

die Nase gestofsener Kupferhaken und zwei über die Füfse der hinteren Extremitäten gespannte Gummizüge das Tier festhielten. Diese Gummizüge drückten beide Füfse auf einen Zinkstreifen, der mit dem einen, der genannte Kupferhaken mit dem andern Pol eines Induktionsapparates in Verbindung stand, so dafs die Ströme das ganze Tier durchsetzten. Der Einfachheit halber sei für die so durch das Tier geleiteten Ströme der Name Ermüdungsströme gewählt, im Gegensatz zu den auf die oben beschriebene Weise an die Nerven applizierten Mefsströmen. Geöffnet und geschlossen wurde der Ermüdungsstromkreis durch ein Metronom, aufserdem durch einen Du Bois-Reymondschen Schlüssel. Es gelang auf diese Weise leicht, die stärkere Ermüdung und die geringere Erregbarkeit der unterbundenen Seite nach der Tetanisation durch die Reizung vom Nerven aus nachzuweisen, zu messen und die Ermüdung sowie die Erholung und die in Frage kommenden Zeiten und Reizschwellen sowie die denselben entsprechende Zahl von Tetani in Zahlen auszudrücken.

Der Einfachheit und Übersichtlichkeit halber wurden aus den gemessenen Werten Kurven konstruiert. Die Abszissen bedeuten gleiche Zeiten, während derer entweder abwechselnd tetanisiert und die Erregbarkeit gemessen oder die Erholung erwartet und abersmals die Erregbarkeit gemessen wurde. Jedesmal geschah die Tetanisation durch eine bestimmte Anzahl (20, 10, 5) Schläge des Metronoms, wonach die Tetanisation wieder ausgesetzt und die Erregbarkeit gemessen wurde.

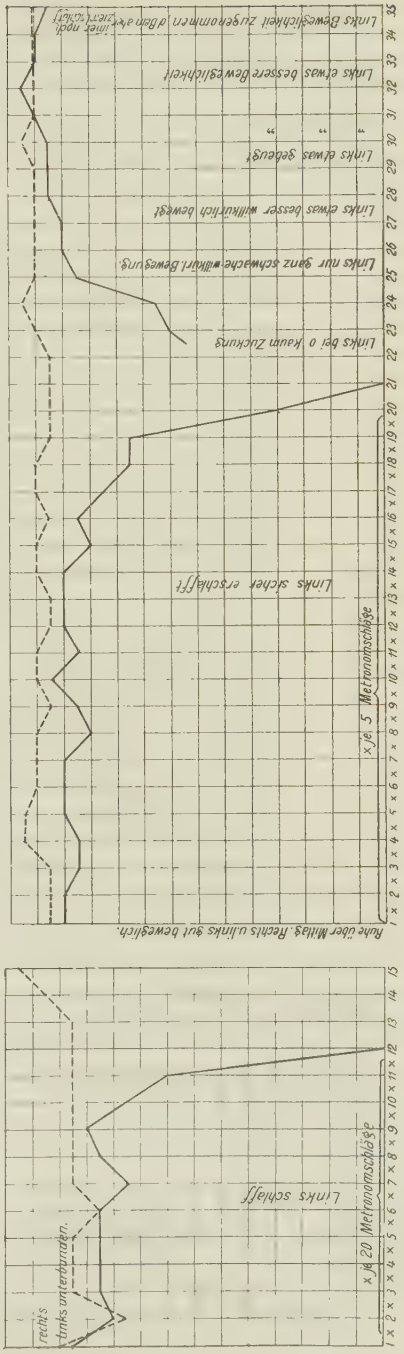
Selbstverständlich wurde auch in den Kurven der Zeitpunkt angegeben, wann die Fähigkeit der willkürlichen Bewegung verloren ging.

Die Ordinaten bedeuten die jeweiligen Schwellenwerte der Nerven, gemessen an Entfernungen am Schlitteninduktionsapparat.

Es mögen hier einige der so erhaltenen Kurven abgebildet und beschrieben werden.

Nr. 1. Es wurde die linke Arteria iliaca unterbunden, die beiden N. N. ischiadici freigelegt, das Tier auf dem oben be-

schriebenen Brett fixiert und zuerst nach je 20 Ermüdungstetani auf die Reizschwelle der Nerven geprüft. Nachdem die Erregbarkeit der blutzirkulationslosen linken Seite auf 0 gekommen, wurden dem Tier einige Stunden der Erholung gelassen, es dann durch je 5 Tetani ermüdet und dann die Erholung in gleichen Zeiten beobachtet. In dieser sowohl, als in allen anderen Kurven zeigte sich anfangs kein konstant eindeutiger Unterschied zwischen rechts und links, auch nicht zu der Zeit, wann die Erschlaffung für den Willen eintritt, so dafs sich der Zeitpunkt der Unbeweglichkeit durch den Willen nicht deutlich in der Kurve der Erregbarkeit durch Nervenreize ausprägt. Erst nach einiger Zeit erfolgt die Abnahme der Erregbarkeit im unterbundenen Bein, angezeigt durch den starken Abfall der Kurve, während im nicht unterbundenen Bein die Erregbarkeit sich noch erhielt.



Ermüdung durch je 10 Tetani, bis bei Rollenabst. 0 keine Zuckung erfolgt. Dann Erholung über Mittag, wieder ermüdet durch je 5 Tetani, bis die Erregbarkeit vom Nerven aus merklich sinkt. Dann die Erholung beobachtet.

Fig. 1.

Wie die Reaktionslosigkeit für den elektrischen Reiz vom Nerven aus später eintritt als die Unfähigkeit willkürlicher Bewegung, so kehrt bei der Erholung umgekehrt die Reaktion auf indirekte elektrische Reize früher wieder als die Willensherrschaft.

Bei dieser und allen anderen Kurven finden sich Schwankungen in den Schwellenwerten, die wohl teils in Ungenauigkeit

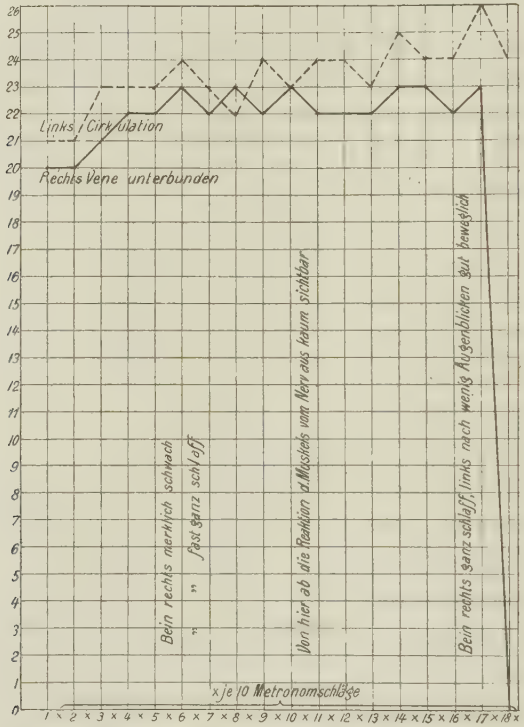


Fig. 2.

der Messungen beruhten, teils auch im Sinne der Tiegelschen Untersuchungen zu erklären sein dürften.[1])

Keinesfalls ist aber der ziemlich steile Abfall der Kurven auf der blutzirkulationslosen Seite und deren endliche Reaktionslosigkeit durch Versuchsfehler bedingt, und dieses ist das für uns wesentlichste Ergebnis der Versuche.

Nr. 2. Ebenso wie bei den eben beschriebenen Versuchen Nr. 1 wurden auch hier bei einigen Tieren auf der einen Seite

1) Berichte d. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-physik. Kl., 1875, S. 113.

die Venen, auf der anderen die Arterie unterbunden oder intakte Zirkulation mit venöser Stase verglichen und sonst wie vorher verfahren.

Letztere Beobachtung liefert Kurve 2. Es ist hierbei zu bemerken, dafs die Reizreaktion der rechten Seite (mit unterbundener

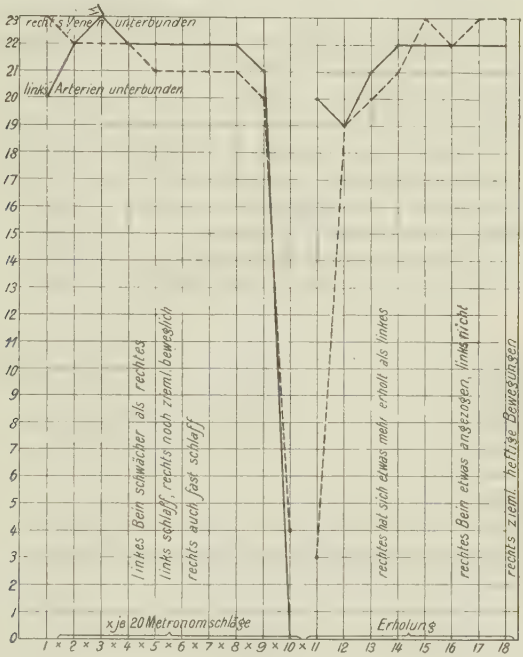


Fig. 3.
Rechts die Venen, links die Arterie unterbunden. Dann Tetanisation bis zur Ermüdung, dann Erholung; über Mittag ist das Tier tot.

Vene) schon einige Intervalle vor dem gänzlichen Verschwinden der nervösen Erregbarkeit eine kaum sichtbare war, doch geschah diese minimale Reaktion bei sehr kleinen Schwellenwerten. Eine dieser ähnliche Erscheinung konstatierten auch C. Ludwig und Alex. Schmidt[1]) beim Warmblüter. Kurze Zeit darauf folgte mit dem Erlöschen der Erregbarkeit ein fast plötzlicher Abfall der Kurve.

Nr. 3 ist eine Vergleichung nach Unterbindung der Arterie links und der Venen rechts.

1) Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-physik. Kl., 1868, S. 35.

Links mit unterbundener Arterie erschlaffte früher für den Willen und früher für indirekte Reize und erholte sich wieder, während das rechte Bein mit unterbundenen Venen während des Versuches nicht reizlos wurde.

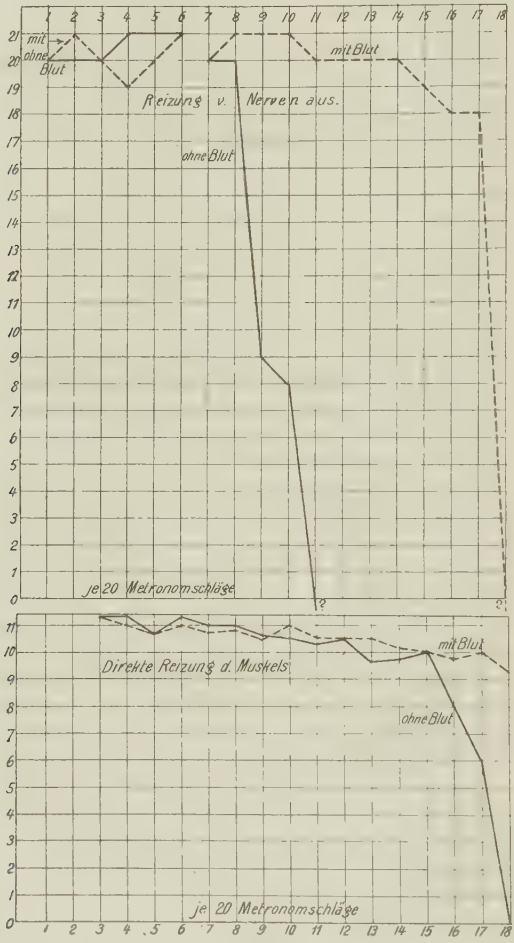


Fig. 4.

Nr. 4. Es war endlich von Interesse, auch die direkte Reizbarkeit der Muskeln zu prüfen. Zu diesen Messungen wurde die Ermüdungsstromquelle zugleich benutzt, indem zuerst mit ziemlich starken, durch den ganzen Körper geschickten Strömen (kleiner Rollenabstand) ermüdet und dann der gröfste Abstand,

bei dem noch Zuckung erfolgte, aufgesucht wurde; es geschah dann daneben noch die Prüfung der Erregbarkeit vom Nerven aus durch einen zweiten Induktionsapparat. Es sind sonach die beiden Kurvenpaare nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar, da die indirekte und direkte Erregbarkeit mit verschiedenen Induktionsapparaten gemessen wurde.

Es zeigte sich hierbei die bekannte Erscheinung, dafs die direkte Erregbarkeit des ermüdenden Muskels die indirekte überdauert, weiter, dafs auch der mit Zirkulation versehene Muskel endlich für indirekte Reize ermüdet.

Das hauptsächlichste Resultat dieser Versuche ist, dafs das unterbundene zirkulationslose Bein durch den Tetanus oder die starke Tätigkeit früher erschöpft wird als dasjenige Bein, in dem das Blut noch zirkuliert.

Man könnte glauben, dafs die früheren Untersuchungen von F. J. Ettinger und Joh. Ranke sich mit den gleichen Fragen wie die meinigen befafst haben; die Fragen waren jedoch dabei andere. Bei meinen Versuchen wird das Bein mit unterbundenen Gefäfsen mit dem Bein mit normalem Kreislauf verglichen.

F. J. Ettinger[1]) hat im Jahre 1860 unter Harlefs' Leitung Versuche über die Relation zwischen Blut und Erregbarkeit der Muskeln angestellt; die Muskeln, aus denen das Blut entfernt worden war, zeigten zumeist nach 24 Stunden eine gröfsere Erregbarkeit als die Muskeln des Beines mit unterbundenen Blutgefäfsen; nach 48 Stunden ist der anämische Schenkel schon totenstarr, während der bluthaltige Schenkel noch zuckungsfähig ist. Ebenso ist es beim Vergleich des anämischen Schenkels mit dem mit normalem Kreislaufe. Er erklärt die gröfsere Erregbarkeit des blutleeren Muskels dadurch, dafs bei ihm die entstehende Säure nicht neutralisiert wird, was in dem Bein mit unterbundenen Gefäfsen oder bei normaler Zirkulation durch das alkalische Blut geschieht.

Bei den Versuchen von J. Ranke[2]) über die chemischen Bedingungen der Ermüdung des Muskels wurden die Muskeln der

1) Relationen zwischen Blut und Erregbarkeit der Muskeln. Nürnberg bei Sebald.

2) du Bois' Archiv 1863, S. 422.

beiden Hinterbeine des Frosches durch Induktionsschläge ermüdet und beim Ablassen des Blutes wieder Erregbarkeit gefunden. Er glaubt, dafs die ermüdenden Zersetzungsprodukte, z. B. Milchsäure etc., sich im Blute anhäufen und dann durch die Verblutung weggeschafft werden. Wie Ettinger findet er, dafs der blutreiche Schenkel nach Abbindung der Blutgefäfse länger erregbar bleibt wie der blofs durch Ausstreifen des Blutes blutleer gemachte.

V. Wie kommt beim Frosch die Erholung nach der Lähmung der unterbundenen Extremität durch Bewegung zustande?

Es lag jetzt noch die Frage vor, wie die Erholung des ermüdeten, zirkulationslosen Muskels beim Frosche zustande komme.

Bei dem Säugetier findet eine solche Erholung nicht statt; es ist also bei dem Frosch nach der Abbindung der Blutgefäfse noch Material in dem Bein vorhanden, in den Nerven und Muskeln und deren Umgebung, auf Kosten dessen das Bein Monate lebt und sich erholt, während beim Säugetier, dessen Teile viel abhängiger von der beständigen Blutzufuhr sind und deshalb viel rascher absterben, nicht genügend Material zur Erholung sich vorfindet. Bei dem Säugetier ist darum nach der Unterbindung der Blutgefäfse die Willkürbewegung in kürzester Zeit aufgehoben und in einigen Stunden der Nerv und Muskel abgestorben und nicht mehr reizbar. Bei dem Frosch dagegen ist die Willkürbewegung noch monatelang vorhanden, die Muskelbewegungen bringen nur eine vorübergehende Lähmung zustande, aus der baldigst wieder Erholung eintritt.

Man könnte sich denken, dafs in den Nerven und Muskeln des Frosches, abgesehen von dem Blute in den Blutgefäfsen, noch genügend Ernährungsmaterial stecke. Dies ist aber nicht in genügender Quantität vorhanden, um die monatelange Andauer des Lebens und die fortwährende Erholung des Beines mit unterbundenen Blutgefäfsen zu erklären. Herausgeschnittene Nerv-Muskelpräparate bleiben zwar eine gewisse Zeit lang lebendig und leistungsfähig und erholen sich auch von der Ermüdung, aber dies währt nicht so lange fort wie bei meinen Versuchen.

Man könnte daher meinen, das in den Nerven und Muskeln durch die Unterbindung der Gefäfse zurückbleibende ruhende Blut liefere noch längere Zeit Material, während beim Ausschneiden des Nerv-Muskelpräparates der gröfste Teil dieses Blutes verloren geht. Schiff scheint nach dem S. 6 dieser Abhandlung mitgeteilten Passus diese Auffassung zu haben; denn er berichtet, dafs, wenn das Blut durch Ausschneiden des Herzens und Streichen aus dem Körper möglichst entfernt, nach kräftigen Bewegungen die motorische Tätigkeit des Nervensystems dauernd gebrochen ist. Ebenso zeigte sich bei den vorher erwähnten Versuchen von Ettinger und J. Ranke, dafs das Bein mit unterbundenen Gefäfsen längere Zeit reizbar bleibt als das Bein, aus dem das Blut durch Streichen oder Ausspritzen entfernt war; letzteres wurde bald totenstarr.

Es kann bei diesen Versuchen sich auch um einen Verlust von Lymphe aus den Nerven und Muskeln handeln, aber es läfst sich wohl kaum von der Hand weisen, dafs das in den Blutgefäfsen der Nerven und Muskeln gestaute Blut bei der Erhaltung der Leistungsfähigkeit und Erholung beteiligt ist.

Aber auch das aufserhalb der Muskeln und Nerven im abgebundenen Bein enthaltene Blut oder die umgebende Lymphe können bei diesen Vorgängen mitwirken.

Zunächst könnte man an die Bildung eines Kollateralkreislaufes denken. Nach den Beobachtungen von Schiff bildet sich beim Frosch nach Abbindung der Arterien rasch ein beschränkter Kollateralkreislauf; er sagt[1]: »Der Blutlauf stellt sich beim Frosch nach Unterbindung der Aorta und der epigastrischen Gefäfse aufserordentlich rasch (wie rasch ist nicht angegeben) durch Seitenzweige wieder her, dafs er genügt, die Nervenerregbarkeit zu unterhalten; das Mikroskop zeigt, wie schnell hier die Eröffnung eines Kollateralkreislaufes geschehen kann.« Auch Kölliker[2]) erwähnt einen Kollateralkreislauf bei seinen Versuchen über Kurare und andere Gifte am Frosch.

1) a. a. O. S. 106.
2) Virchows Archiv Bd. 10 S. 1 u. 259.

Aber dieser Kollateralkreislauf stellt sich — so sollte man wenigstens denken — kaum so rasch ein, um die Leistungsfähigkeit und die Erholung alsbald nach der Unterbindung der Aorta abdominalis zu ermöglichen.

Bei der Wiederholung der Versuche von Schiff konnten wir dessen Angaben nicht ganz bestätigen.

Unterbindet man die Arteria iliaca, so sieht man sofort eine beträchtliche Verlangsamung der Blutbewegung in der Schwimmhaut des betreffenden Beines, doch geht dieselbe oft durch den Ausgleich des Blutdruckes in den Arterien und Venen noch stundenlang, allerdings sehr langsam, im früheren Sinne vor sich. Jede Muskelaktion beschleunigt dieselbe um ein geringes auf kurze Zeit, einige Minuten; bald aber, wenn der Druckunterschied zwischen Arterien- und Veneninhalt ausgeglichen ist, stockt die Blutbewegung von Zeit zu Zeit und geht bald im einen, bald im anderen Sinne vor sich, je nach den Bewegungen des Tieres. Dieses Hin- und Herwogen ist noch viele Tage nach der Unterbindung, selbst bei geringen Bewegungen des Tieres, zu sehen; aber stunden- und tagelange Beobachtungen liefsen uns nie das Persistieren einer eindeutigen, länger währenden Zirkulation nach Unterbindung der Arteria iliaca erkennen.

Um noch sicherer zu gehen, wurde in den sonst intakten Kreislauf von Fröschen, deren eine Arteria iliaca unterbunden war, sehr fein angeriebene Tusche gebracht. Wir führten die eigens dazu geschliffene und rauh gefeilte Kanüle einer Pravazspritze in die Vena mediana und banden das eine Ende der Vene zu, in das andere zentralwärts die Kanüle ein und injizierten die Tuschesuspension. Wir vermochten niemals Tuschekörnchen in den betreffenden Schwimmhautgefäfsen des unterbundenen Beines zu finden, während auf der intakten Kontrollseite es sehr gut zu sehen war, wie die Tuschekörnchen zwischen den Blutkörperchen im Blute schwammen.

Die Tuschekörnchen waren viel kleiner als die roten Blutkörperchen und passierten die Kapillaren leicht.

Bald wurden sie von den Leukozyten aufgenommen und fanden sich zuletzt in der Leber, der Nierenrinde, den Lymph-

drüsen des Darmes und anderen Organen abgelagert. Die Hauptmasse schien in der Leber zurückgehalten zu werden.

Auch im Blute des M. gastrocnemius der unterbundenen Seite wurden weder freie Körnchen noch Leukozyten mit eingeschlossenen Tuschekörnchen nachgewiesen. Nach einigen Tagen war natürlich die Tusche aus dem Blute verschwunden und in den Organen abgelagert.

Nebenbei sei noch bemerkt, dafs die Pigmentzellen kurz nach der Unterbindung alle kugelig wurden, d. h. die Ausläufer eingezogen, jedoch nach einiger Zeit wieder denen der anderen normalen Seite gleich wurden.

Tusche, die in das Parenchym des Beines mit unterbundener Arterie injiziert wurde, konnte im übrigen Körper, eingeschlossen in Leukozyten, wiedergefunden werden.

Tusche, in die Lymphsäcke des Rückens injiziert, fand sich im arteriell abgebundenen Bein, in Leukozyten eingeschlossen, wieder vor.

Aus diesen Versuchen scheint hervorzugehen, dafs ein Kollateralkreislauf, wenigstens schon in der allerersten Zeit nach der Unterbindung der Arterien, nicht wahrscheinlich ist, und dafs man also die Erscheinungen beim Frosch gleich nach der Unterbindung aus einer solchen nicht mit Sicherheit ableiten kann. Aber es wäre doch immerhin möglich, dafs ein Kollateralkreislauf dabei sich einstellt und daraus die willkürliche Beweglichkeit des Beines nach der Unterbindung herrührt und wegen seiner Unvollständigkeit schon durch einige Bewegungen die Ermüdung und die Erholung nach kurzer Ruhezeit eintritt. Die gleich zu erwähnenden Versuche der ungemein langsamen Aufnahme von Stoffen aus der Haut des unterbundenen Beines scheinen ebenfalls gegen einen Kollateralkreislauf zu sprechen.

Man hat deshalb an die Lymphe, welche beim Frosch in so beträchtlicher Menge in den grofsen Lymphsäcken zu Gebote steht, als Nährmaterial gedacht.

Nach der Unterbindung der Arterien hört mit dem Wegfall des Blutdruckes bekanntlich der Hauptmotor für die Lymphe auf, und nur die Hilfskräfte für die Lymphbewegung, die Bewegung

der Muskeln, der negative Druck in der Brusthöhle und im Herzen und beim Frosch die Lymphherzen bedingen noch eine Bewegung der Lymphe. Es könnte jedoch möglicherweise auch die ruhende Lymphe für längere Zeit genügendes Nährmaterial für das abgebundene Bein liefern. Unsere Versuche mit völliger Isolierung des Hinterbeins von dem übrigen Körper, wobei nach 2—3 Tagen das Absterben des Beines eintrat, scheinen zu lehren, dafs ein Austausch oder eine Fortbewegung der Lymphe stattfinden mufs und eine stagnierende Lymphe nicht für längere Zeit das Bein leistungsfähig erhält.

Hierher gehören die Erfahrungen, welche man schon seit langer Zeit über die allerdings sehr verzögerte Resorption von Giften und leicht nachweisbaren Substanzen aus einer Hautwunde des Beines nach Unterbindung der Arterien beim Kaninchen und beim Frosch gemacht hat. Emmert[1]) sah nach Unterbindung der Aorta abd. des Säugetieres Ferrocyankalium von einer Fufswunde aus in den Harn übergehen; es mufste also in die Lymphgefäfse eingetreten sein. Das gleiche fanden am Kaninchen Behr[2]) und Bischoff[3]), welcher zugleich nachwies, dafs das Resultat nicht durch Anastomose der Blutgefäfse zu erklären war. Meder[4]) verfolgte die Verbreitung des Ferrocyankaliums bis zur Unterbindungsstelle bei Kaninchen, und zwar zwischen den Muskeln im Verlauf der Gefäfse; er nahm einen Übergang in die Blutgefäfse durch Anastomose an. Die Verbreitung des Ferrocyankaliums zwischen den Muskeln längs der Gefäfse bis über die Unterbindungsstelle kann man an Kaninchen durch Eisenchlorid leicht nachweisen, und es kann dies wohl nur durch die Lymphgefäfse geschehen. Es geht dies vor allem auch aus den Versuchen von Goltz[5]) an Fröschen hervor, denen er nach Abbindung des Herzens Strychnin in die Wade einspritzte; das Gift drang bis zur Wirbelsäule vor, denn ein normaler mit dieser

1) Meckels Archiv 1815, Bd. 1 S. 178.
2) Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 1 S. 35.
3) Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 4 S. 55 u. Bd. 5 S. 298.
4) Zeitschr. f. rat. Med. 1860, III. R., Bd. 10.
5) Pflügers Archiv 1871, S. 147.

Wirbelsäule gefütterter Frosch bekam Tetanus. Auch Kölliker konstatierte in seinen vorher angeführten Versuchen ebenfalls einen, wenn auch sehr verlangsamten Säfteaustausch unter denselben Bedingungen.

Ich habe ebenfalls Fröschen in das arteriell unterbundene Bein Strychninlösung injiziert, und zwar meist in das Gewebe des M. gastrocnemius, eine Lösung, welche Kontrolltiere, in gleicher Menge gegeben, sicher unter Krämpfen in einer oder wenig mehr als einer Stunde sterben liefs.

Es wurden möglichst kleine Mengen einer starken (1 proz.) Lösung genommen, um das Ausfliefsen aus der Injektionsöffnung zu vermeiden. Die Vergiftungserscheinungen traten erst in 2—3 Tagen ein.

Alle diese Versuche dürften einen Säfteaustausch zwischen dem blutzirkulationslosen Bein und dem übrigen Körper beweisen, der nicht auf dem Wege der Blutzirkulation oder allein von dieser abhängig vor sich geht, sondern entweder durch einfache Diffusion der Stoffe der Beinlymphe gegen die Stoffe der Lymphe des übrigen Körpers oder durch Bewegung der Lymphe durch die aufser dem Blutdruck noch wirkenden vorher genannten Motoren, durch die Muskelbewegungen, den negativen Druck im Herzen und der Brusthöhle, und durch die Lymphherzen. Die letzteren tragen nicht wesentlich dazu bei, denn das Zerstören des einen oder der beiden Caudallymphherzen bedingte keinen Unterschied im Eintreten der Erholung und der sonstigen Erscheinungen.

Die Lymphe hat beim Frosch eine ganz wesentliche Bedeutung für die Ernährung, sie ist in verhältnismäfsig gröfseren Mengen vorhanden als beim Warmblüter und umspült reichlich die Organe; daher rührt die grofse Unabhängigkeit des Frosches von der Blutzirkulation gegenüber dem Warmblüter. Die Lymphe vermag deshalb bis zu einem gewissen Grade die Blutzirkulation zu ersetzen und die Lebensfunktionen der Nerven und Muskeln zu erhalten. Harlefs[1]) hat schon gezeigt, dafs Muskeln, deren Lymphräume geöffnet sind, rascher ermüden und sich dann

1) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu München 1861, I., S. 43.

schwerer erholen. Die weiten Räume der Lymphe um die Muskeln und die andern Organe beim Frosch sind Vorratskammern, von denen aus rasch die Kraftquelle in das Innere der Nerven und Muskeln gefördert wird.

Ganz die gleichen Erscheinungen wie beim Frosch mit unterbundenen Arterien nimmt man beim Säugetier wahr, dessen Beinarterien so weit verstopft oder verengt sind, dafs nur eine geringe Menge arteriellen Blutes in das Bein gelangt. Solche Fälle hat man beim Pferde wahrgenommen, dessen Aorta abdominalis oder Art. iliaca durch Eingeweidewürmer nahezu versperrt ist: das Tier sieht ganz normal aus, sobald es aber einige Zeit im Trab oder Galopp läuft, sinkt es mit den Hinterbeinen wie gelähmt zusammen; aber bald rafft es sich wieder auf, um bei Bewegung wieder das alte Spiel zu zeigen. Auch das sog. freiwillige Hinken beim Menschen wird auf eine ähnliche Ursache zurückgeführt. Offenbar wird hier zu wenig ernährendes Blut der Extremität zugeführt, so dafs dasselbe durch einige Bewegungen verbraucht ist; das Tier mufs dann wieder warten, bis sich genügend Material angesammelt hat. In ganz der gleichen Weise verhält es sich beim Frosch mit unterbundener Arterie mit der Lymphe.

Zum Schlufse sage ich Herrn Dr. M. Cremer, der mir bei dieser Arbeit mit Rat und Tat an die Hand gegangen ist, meinen aufrichtigen Dank.